

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-168575

(43)公開日 平成10年(1998)6月23日

(51)Int.Cl.⁶
C 23 C 16/50
G 03 G 5/08
H 01 L 21/205

識別記号

105

F I
C 23 C 16/50
G 03 G 5/08
H 01 L 21/205

105

審査請求 未請求 請求項の数11 FD (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平8-352018

(22)出願日 平成8年(1996)12月11日

(71)出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号

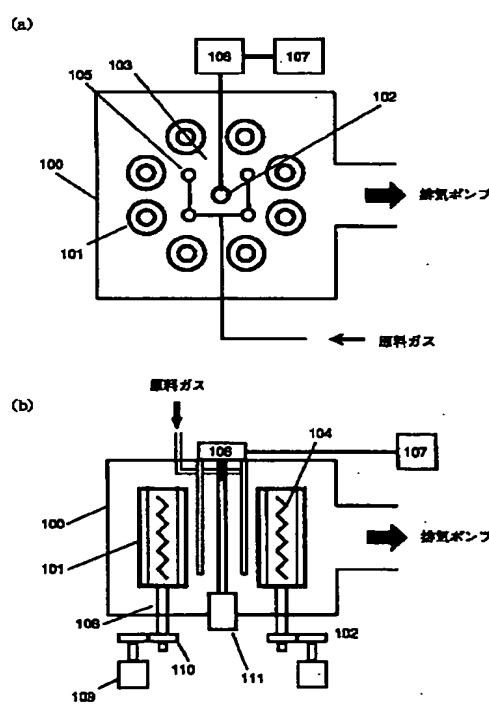
(72)発明者 秋山 和敬
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(74)代理人 弁理士 長尾 達也

(54)【発明の名称】 非晶質シリコン系感光体形成装置および形成方法

(57)【要約】

【課題】本発明は、高周波電力の放射を均一化し、プラズマの局在化を防ぎ、きわめて高品質な感光体を効率よく安価に形成することのできる非晶質シリコン系感光体の形成装置および形成方法を提供すること、とりわけ、ハーフトーンの均一性と高精細性に優れた電子写真用感光体の形成装置および形成方法を提供することを目的としている。

【解決手段】本発明は、真空気密可能な反応容器内に、少なくとも、原料ガスを導入する原料ガス導入手段と、前記円筒状の導電性基体の母線方向と平行に設置された高周波電力導入手段とを有し、前記高周波電力導入手段と前記基体との間でグロー放電を発生させることにより、前記反応容器内に導入された原料ガスを分解し、接地された円筒状の導電性基体上に堆積膜を形成する非晶質シリコン系感光体形成装置または方法において、前記高周波電力導入手段の両端部における静電容量を調節するようにしたことを特徴とするものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】真空気密可能な反応容器内に、少なくとも、原料ガスを導入する原料ガス導入手段と、前記円筒状の導電性基体の母線方向と平行に設置された高周波電力導入手段とを有し、前記高周波電力導入手段と前記基体との間でグロー放電を発生させることにより、前記反応容器内に導入された原料ガスを分解し、接地された円筒状の導電性基体上に堆積膜を形成する非晶質シリコン系感光体形成装置において、前記高周波電力導入手手段が、該高周波電力導入手手段の両端部における静電容量を調節する手段を備えていることを特徴とする非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項2】前記静電容量を調節する手段は、前記高周波電力導入手手段の一端に整合器が接続され、該高周波電力導入手手段の他端が静電容量を変化させる機構を介して接地された構成であることを特徴とする請求項1に記載の非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項3】前記静電容量を調節する手段は、前記高周波電力導入手手段の両端に1つの整合器が接続された構成であることを特徴とする請求項1に記載の非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項4】前記円筒状の導電性基体が、高周波電力導入手手段を中心とした同一円周上に複数配置されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項5】前記高周波電力導入手手段が、複数個配置されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項6】前記高周波電力導入手手段は、該高周波電力導入手手段の少なくともプラズマに接する面がセラミックス材料によって覆われていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項7】前記高周波電力導入手手段は、該高周波電力導入手手段を冷却する機構を有していることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項8】前記高周波電力導入手手段は、ガス導入管を兼用していることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の非晶質シリコン系感光体形成装置。

【請求項9】真空気密可能な反応容器内の円筒状導電性基体の母線方向と平行に配された高周波電力導入手手段を介して該反応容器内に高周波電力を導入し、該基体との間でグロー放電を発生させて該反応容器内に導入された原料ガスを分解し、該基体上に堆積膜を形成する非晶質シリコン系感光体形成方法において、前記高周波電力導入手手段の両端部における静電容量を変化させ、前記基体上に堆積膜を形成することを特徴とする非晶質シリコン系感光体形成方法。

【請求項10】前記高周波電力の周波数が、20MHz

から450MHzの範囲であることを特徴とする請求項9に記載の非晶質シリコン系感光体形成方法。

【請求項11】前記高周波電力の周波数が、50MHzから450MHzの範囲であることを特徴とする請求項9に記載の非晶質シリコン系感光体形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は非晶質シリコン系感光体の形成装置および形成方法、特に、プラズマCVD法を用いた電子写真用非晶質シリコン（以下a-Siと記す）系感光体の製造装置および製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】像形成分野において、感光体における光受容層を形成する光導電材料としては、高感度で、SN比〔光電流（I_p）／暗電流（I_d）〕が高く、照射する電磁波のスペクトル特性に適合した吸収スペクトルを有すること、光応答性が早く、所望の暗抵抗値を有すること、使用時において人体に対して無害であること、等の特性が要求される。特に、事務機としてオフィスで使用される電子写真装置内に組み込まれる電子写真用感光体の場合には、上記の使用時における無公害性は重要な点である。こうした要求を満足し得る材料としてアモルファスシリコン（a-Si）をもちいた電子写真用感光体があげられる。例えば特開昭54-86341号公報

（以下文献1と表記する）には、a-Siを光導電層に用いた、耐湿性、耐久性、電気特性に優れた電子写真用感光体に関する技術が記載されている。こうした技術により電気的、光学的、光導伝的特性および、使用環境特性、耐久性が向上し、更に、画像品位の向上の可能なa-Siで構成された電子写真用感光体が実用化されたところとなった。

【0003】一方で、a-Si感光体の製造には高度な技術が必要とされる。特に、電子写真用感光体の場合、他のデバイスに比較して、大面積で、かつ厚い膜厚が必要とされるため、どのように均一性を確保するかという点が重要な要素となる。そのような観点から、いかに工業的に安定して高品質なa-Si感光体を製造するかの点についてもさまざまな提案がなされて来た。たとえば、特開平6-342764号公報（以下文献2と表記する）にはカソード電極を円筒状基体の軸方向に複数個分割してそれぞれに高周波電力を供給することで均一膜質で高品質な堆積膜を得るための装置が提案されている。このような技術を用いることで、特性ムラの少ない感光体を安定して得る事が可能になった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年、電子写真装置は従来にもまして、高画質化、高速化、高耐久化が求められている。さらに、スペース効率改善のニーズの高まりによって、電子写真装置本体とともに感光体そのものの小型化が急務になっている。このような

要求に対して、例えば前記文献2のような装置構成では感光体の生産性を向上させることは比較的難しい。例えば、カソード電極の直径を大きくし、内部に基体を複数個配置したような構成では、いたずらな電極面積の増大を招き、かえって放電の均一性を維持するのが困難になる場合もある。またカソード電極を中心に複数の基体を取り囲む様に配置した場合、前記文献2のようにカソード電極を軸方向に分離してそれぞれに高周波電力を供給することは、装置構成上困難である。また高精細、且つ高諧調な画像再現の要求から、従来にも増してハーフトーン画像の再現性が重要になってきている。このような状況下で感光体を小型化しさらに高速で画像形成を行なうと従来は問題にならなかった光感度のムラが顕著に現れ、ハーフトーン画像の濃度ムラとなって画像品質を損なう場合があった。また、ハーフトーン画像上で、部分的に画像に細かい粉をまぶした様に見えるいわゆる「ガサツキ」が発生する場合もあり、これらの克服のため従来以上に均質な感光体が必要とされる。以上のような背景から、均一性に優れた感光体を供給できる生産性の高い感光体形成装置が、なお一層、必要とされてきている。

【0005】そこで、本発明は、上記従来のものにおける課題を解決するため、高周波電力の放射を均一化し、プラズマの局在化を防ぎ、きわめて高品質な感光体を効率よく安価に形成することのできる非晶質シリコン系感光体の形成装置および形成方法を提供すること、とりわけ、ハーフトーンの均一性と高精細性に優れた電子写真用感光体の形成装置および形成方法を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の感光体形成装置は、上記課題を解決するため、真空気密可能な反応容器内に、少なくとも、原料ガスを導入する原料ガス導入手段と、前記円筒状の導電性基体の母線方向と平行に設置された高周波電力導入手手段とを有し、前記高周波電力導入手手段と前記基体との間でグロー放電を発生させることにより、前記反応容器内に導入された原料ガスを分解し、接地された円筒状の導電性基体上に堆積膜を形成する非晶質シリコン系感光体形成装置において、前記高周波電力導入手手段が、該高周波電力導入手手段の両端部における静電容量を調節する手段を備えていることを特徴としている。本発明においては、前記静電容量を調節する手段は、前記高周波電力導入手手段の一端に整合器が接続され、該高周波電力導入手手段の他端が静電容量を変化させる機構を介して接地された構成を探ることができ、あるいは、前記高周波電力導入手手段の両端に1つの整合器が接続された構成を探ることができる。また、本発明においては、前記円筒状の導電性基体が、高周波電力導入手手段を中心とした同一円周上に複数配置される構成、あるいは、前記高周波電力導入手手段が、複数個配置される

構成を探ってもよい。また、本発明においては、前記高周波電力導入手手段は、該高周波電力導入手手段の少なくともプラズマに接する面がセラミックス材料によって覆う構成を探ることができる。さらに、本発明においては、前記高周波電力導入手手段を冷却するようにしてもよいし、それがガス導入管を兼用するようにしてもよい。また、本発明の感光体形成方法は、真空気密可能な反応容器内の円筒状導電性基体の母線方向と平行に配された高周波電力導入手手段を介して該反応容器内に高周波電力を導入し、該基体との間でグロー放電を発生させて該反応容器内に導入された原料ガスを分解し、該基体上に堆積膜を形成する非晶質シリコン系感光体形成方法において、前記高周波電力導入手手段の両端部における静電容量を変化させ、前記基体上に堆積膜を形成することを特徴としている。本発明の感光体形成方法においては、前記高周波電力の周波数は、20MHzから450MHzの範囲であることが好ましく、50MHzから450MHzの範囲であることがより好ましい。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明は、上記のように感光体形成装置を構成することにより、高周波電力導入手手段からの高周波電力を均一ならしめ、プラズマ放電の局在化を防止し、とりわけ、電子写真用感光体を全面に渡って高度に均質化してその特性を均一化し、結果としてハーフトーンの均一性、高精細性に優れた感光体を効率よく安価に提供することができる。本発明者が、鋭意研究した結果、従来の感光体の問題点の発生原因はおおよそ高周波電力の放射の偏りに帰結されるという知見に基づくものである。すなわち、従来の高周波電力導入手手段に高周波電力を印加した場合、高周波電力は高周波電力導入手手段の両端部（実質的にプラズマ中に高周波電力を放射する部分の両端）で反射を繰り返す。その結果、高周波電力導入手手段の表面で発生した高周波電力の多重反射によって中心付近で弱め合う干渉をするため、高周波電力導入手手段の上で高周波電力の放射が部分的に弱くなる箇所が現れる。こうした傾向は、例えば堆積膜の形成速度を上げる目的で高周波の周波数を高くするほど顕著になって現れる。これは実用的な高周波電力導入手手段の長さに対して、高周波の波長が近付くことで、干渉がより顕著に現れることによると考えられる。

【0008】こうした高周波電力のムラは、基体上の膜の堆積速度に影響を与えるほどの大きな差ではないが、プラズマ中の電子温度の差となって現れ、また実際に堆積膜の特性に影響を与える。特に光感度の微妙な差となって現れる。このような微妙な差は従来の電子写真プロセスではほとんど問題にならなかつたが、感光体本体の小径化やコピースピードの向上に従つて次第に画像上に現れることとなり、特に、ハーフトーン画像上のムラとなって現れることがわかつてき。

【0009】一方で「ガサツキ」に関しては、画像濃度

ムラの部分に発生することがわかっている。「ガサツキ」が発生すると、たとえば反射濃度計による測定では「ガサツキ」のない部分との差が認められない場合でも、肉眼では画像が濃く見える。従って感光体表面上のハーフトーン露光時の電位のムラが軽微な場合でも、実際のコピー画像上で、見かけ上の画像濃度ムラが大きく見える結果となる。「ガサツキ」の詳しい発生機構は現在不明であるが、高周波電力の放射の弱い部分で感光体の表面状態の微妙な変化が発生し、現像時に感光体表面上でのトナーの一様な分散、付着が疎外されることによって発生するものと思われる。

【0010】本来このような高周波電力の放射の偏りを防止するためには、高周波電力の波長に則った電極の設計が必要とされる。しかしながら、プラズマCVDにおいてはプラズマと電極の境界面やシース領域での高周波電力の反射や吸収等の、プラズマと高周波電力の相互作用が発生するため、数値的な解析は難しい。またこのようなプラズマと高周波電力の相互作用はプラズマ放電の強度や圧力などさまざまな条件によって変化するため、高周波電力導入手段の設計をより困難なものにしていく。こうした問題を克服するために前記文献2に示された装置構成をとった場合、生産性を上げることが困難であったり、高周波電力導入手段を導電性基体の中心に配置した場合では、電極を分割すること自体が困難になることは前述したとおりである。

【0011】これに対して本発明に用いる高周波電力導入手段においては、高周波電力導入手段の両端に静電容量を調節するための手段を設けることにより、高周波電力導入手段の両端からの反射電力の位相を変化させることができる。本発明者の実験によれば、高周波電力導入手段の両端の静電容量を変化させることで、高周波電力導入手段の表面に発生する定在波の強弱を調整できることがわかった。すなわち、高周波電力導入手段上の定在波の「ふし」の位置や「ふし」の位置での高周波電力の落ち込みの大きさが調整できる。例えば、「ふし」の位置を感光体作成上影響のない位置へ移動させることにより均一な特性の感光体を形成することができるし、「ふし」の位置での高周波電力の落ち込みを少なく調整することで、実質的にムラのない均一なプラズマ放電を起こすことができる。

【0012】以下、本発明の内容を図面を用いて、更に詳細に説明する。図1は複数の円筒状導電性基体を同一円周上に配置した構成をとった場合の、本発明の感光体形成装置の一例を模式的に示した図であり、図1(a)は横断面図1(b)は縦断面をそれぞれ示している。この装置は大別すると、反応容器100、原料ガス供給装置(不図示)、と反応容器100内を減圧にするための排気装置(図示せず)、高周波電力導入手段102に電力を供給するための電源107から構成されている。反応容器100内には円筒状の導電性の基体101、原料

ガス導入手段105、基体加熱用ヒーター104が設置され、さらに高周波電力導入手段102が基体101と平行に設置されている。高周波電力導入手段102の一端(図1では上端)は整合器106を介して電源107が接続され他端(図では下端)には静電容量調節手段111が接続されている。基体101はホルダー(図示せず)を介して回転軸108に保持されており、回転軸108は真空シール(図示せず)を通して反応容器100の大気側に貫通し、ギア110を介してモーター109に接続されている。またグロー放電領域103内には原料ガス導入手段105が配置され、原料ガス供給装置(不図示)に接続されている。

【0013】図2は本発明で用いられる高周波電力導入手段の一例を模式的に表した図である。図2の例では高周波電力導入手段102は導入端子113と電極114より構成されている。電極114の一端(図2では上端)は導入端子113で真空封止され先端が整合器106に接続されている。電極114の他端(図2では下端)は導入端子113で真空封止され、先端が静電容量調節手段111に接続されている。静電容量調節手段111は電極114から真空バリコン115、シールド117をへて反応容器に接続されて接地する構成となっている。また真空バリコン115は駆動用モーター116によって静電容量を任意に調節するようになっている。

【0014】静電容量を調節する手段としては、図2に例示したように真空バリコンを接続する方法の他、通常のエアバリコン、高周波電力導入手段の先端に移動可能な電極をもうけ、これを移動することにより静電容量を調節する等の方法がとれる。図3に高周波電力導入手段の先端に移動可能な電極を設けた場合の一例の模式図を示す。図3の例では電極114の下端に駆動用モーターに接続された移動可能な電極118が設置されている。移動可能な電極118が移動することによってアース電極119との間の静電容量が調節される。これらの方法の場合は、図2及び図3に例示した様に高周波電力導入手段の一端は整合器に接続し、他端を上記のような静電容量調節手段を介して設置した構成とすることが望ましい。

【0015】本発明で高周波電力導入手段の両端に静電容量調整する手段を設ける方法としては、整合器から高周波電力導入手段までの経路(以下高周波導入経路と表記する)を分岐しそれぞれを高周波電力導入手段の両端につなぐこともできる。図4に整合器から高周波導入経路を分岐しそれぞれを高周波電力導入手段の両端につないだ場合の感光体形成装置の構成の一例を示す。図4の場合の装置構成では、高周波電力導入手段の少なくとも一方の端と整合器の間に静電容量を調節する手段を、高周波電力導入手段と直列に入れることもできる。

【0016】高周波電力導入手段の電極の材質は、導電性のものであればいずれも使用できるが、Al、Cr、

Cu、Mo、Au、Ag、In、Nb、Ni、Te、V、Ti、Pt、Pb、Fe等の金属の他、これらの合金、例えばステンレス、インコネル、ハスティロイなどが使用できる。高周波電力導入手手段の形状はいずれの形状であってもさしつかえないが、加工の容易性等の点から円柱形状、円筒形状等の形状が好ましい。また本発明の高周波電力導入手手段は少なくともプラズマに接する面をセラミックス材料で覆うこともできる。セラミックス材料は金属材料に比べてa-Si膜の密着性が良いため、高周波電力導入手手段からの堆積膜のはがれを防止する効果をもつ。セラミック材料としてはアルミニナセラミックス、二酸化チタン、窒化アルミニウム、窒化ほう素、ジルコン、コーチェライト、酸化ケイ素、酸化ベリリウム、マイカ系セラミックス等のセラミックスが使用できるが、耐久性、堆積膜の密着性の点からアルミニナセラミックス、二酸化チタンが最も適している。

【0017】高周波電力導入手手段をこれらのセラミックス材料で覆う手段はいずれの方法で有ってもさしつかえないが、円筒形状のカバーをかぶせる方法、金属表面にプラズマ溶射等の手段でコーティングする方法、円筒状のセラミックス材料の内面にメッキ法等の手段で金属を電極として密着形成する方法等が上げられる。高周波電力導入手手段またはそれをおおったセラミックス材料は少なくともプラズマ放電に接する側の表面に、主として堆積膜の膜はがれを防止する目的で主として堆積膜の膜剥れを防止する目的で凹凸を設けることもできる。この場合、凹凸の大きさとしては、2.5mmを基準長さとする十点平均粗さ(Rz)で5μm以上200μm以下の範囲が好ましい。表面に凹凸を設ける手段としては、特に制限はないが、例えば投射体を吹きつけるプラスト加工等が実用的に好ましい。

【0018】高周波電力導入手手段の数は、1本でも良いし複数設けることもできる。例えば複数の円筒状の導電性基体と1つの高周波電力導入手手段を配置する場合、前述の円筒状の導電性基体を同一円周上に配置し、高周波電力導入手手段を基体の配置円の中心に同軸上に置くことが、均一性確保の点から望ましい。高周波電力導入手手段を複数設けるときは、各々の高周波電力導入手手段が基体の配置円と同心の円周上に配置されるのが望ましい。この、高周波電力導入手手段の配置円は、円筒状導電性基体の配置円より小さくても良いし、大きくても良い。すなわち、複数の高周波電力導入手手段が円筒状導電性基体の配置円の内部に同心円上に配置されても良いし、円筒状導電性基体の配置円の外部に同心円上に配置されても良い。複数の高周波電力導入手手段が円筒状導電性基体の配置円の外部に同心円上に配置される場合には、少なくとも1本の高周波電力導入手手段が円筒状導電性基体の配置円の内部に設置することが望ましい。

【0019】また、本発明では高周波電力導入手手段を冷却する手段を設けることもできる。この場合、高周波電

力導入手手段を所望の温度に制御することで高周波電力導入手手段の表面と堆積膜との密着性を向上させ膜剥れの発生をより効果的に防止できる。図5は、電極にセラミックス材料の覆いと冷却機構を設けた場合の本発明の高周波電力導入手手段の一例を示した模式図である。図5の例では、電極114にセラミックス材料のカバー120がかぶせられ、電極114には冷媒の導入管121と排出管122が投げられている。

【0020】また本発明では高周波電力導入手手段と原料ガス導入手手段を兼用することもできる。この場合原料ガスは電極114の内部に形成された原料ガスの流路を通過して、電極114に開けられた原料ガス放出穴から反応容器100内に導入される。また原料ガスの流路をセラミックス材料の覆い120の内部に形成し、セラミックス材料に開けられた原料ガス放出穴から反応容器100内に導入される構成とすることもできる。本発明では、高周波電力導入手手段に高周波電力を印加することによって、原料ガスを分解する。本発明に使用できる高周波電力の周波数は特に制限はないが、本発明者の実験によれば、周波数が20MHz未満の場合は、条件によっては放電が不安定となり、堆積膜の形成条件に制限が生じる場合があった。また450MHzより大きいと、高周波電力の伝送特性が悪化し、条件によっては放電の維持が難しいこともあった。また、本発明の効果は特に周波数50MHz以上で顕著になる傾向があった。したがって20MHz～450MHzの周波数範囲が本発明には好適であり、特に50MHz～450MHzが最適である。高周波の波形は、いずれのものでも差し支えないが、サイン波、矩形波等が適する。また高周波電力の大きさは、目的とする堆積膜の特性等により、適宜決定されるが、基体1個あたり10～5000Wが望ましく、さらに20～2000Wがより望ましい。

【0021】円筒状の導電性基体101の本数、配置は高周波電力導入手手段102と平行に配置される以外は特に制限はないが、複数の導電性基体を配置する場合には、前述の様に高周波電力導入手手段を中心とした同一円周上に配置され、基体が取り囲む領域でグロー放電領域103が形成されるような構成が望ましい。この場合導電性基体の本数は放電空間を形成できる本数であればいずれでもよいが、4本以上が好適であり図1では基体を8本配置した例が示されている。原料ガス導入手手段105の本数は、いずれの本数でも良いが、1本、または基体の本数と同じか、基体の本数が偶数の場合は、基体の本数の半分の本数にする等の構成が適している。また、前述の様に高周波電力導入手手段と原料ガス供給手段を兼ねることもできる。

【0022】円筒状の導電性基体101は反応容器100内に設置された基体加熱用ヒーター104で内側から加熱されるようになっている。基体加熱用ヒーター104は、真空使用のものであればいずれでもよく、例え

シースヒーターをパイプに巻きつけたもの、板状ヒーター、セラミックヒーター等の電気抵抗体の他、ハロゲンランプ等の熱放射体、気体や液体を媒介した熱交換手段による発熱体などが使用できる。また、これらの基体加熱用ヒーターは反応容器100内に設けられる他、反応容器とは別に基体加熱用容器を設けその中に設置して、あらかじめ基体加熱用容器で基体を加熱した後、反応容器100に基体を真空中で搬送する手段も採れる。また、基体加熱用容器による基体の加熱と、反応容器100内の基体の加熱を併用することもできる。基体の温度は目的とする堆積膜の特性により適宜最適範囲が選択されるが、通常の場合、好ましくは20～500°C、より好ましくは50～480°C、最適には100～450°Cとするのが望ましい。

【0023】次に図1の装置を用いた感光体形成の手順について説明する。この装置を用いた堆積膜の形成は、例えば以下のように行なうことができる。まず、反応容器100内に、あらかじめ脱脂洗浄した円筒状の導電性基体101を設置し、不図示の排気装置（例えば真空ポンプ）により反応容器100内を排氣する。続いて、基体101を回転させながら、ヒーター104により基体101の温度を20°C～500°Cの所望の温度に制御する。

【0024】基体101が所望の温度になったところで、原料ガス供給系（不図示）より原料ガスを原料ガス導入手段105を通して内部チャンバ111内に供給する。このときガスの突出等、極端な圧力変動が起きないよう注意する。次に原料ガスの流量が所定の流量になったところで、真空計（不図示）を見ながら排気バルブ（不図示）を調整し、所望の内圧を得る。

【0025】内圧が安定したところで、高周波電源107を所望の電力に設定して、整合器106を通じて高周波電力導入手段102に高周波電力を印加し、グロー放電を生起させる。これと平行して静電容量調節手段の駆動用モーター117を操作して電極先端の静電容量を適時調節し均一な放電をえる。この放電エネルギーによって反応容器100内に導入された原料ガスが分解され、円筒状の導電性基体101上に所定の堆積膜が形成されるところとなる。この際、円筒状の導電性基体101をモーター109によって堆積膜形成中に回転させておくことで、基体の全面に堆積膜が形成されるところとなる。所望の膜厚の形成が行われた後、高周波電力の供給、反応容器への原料ガスの流入を止め、堆積膜の形成を終える。目的とする感光体の特性のため、基体上に複数の層からなる感光体を形成する場合には、前記の操作を繰り返すことによって、所望の層構成の感光体を得ることができる。

【0026】本発明では、導電性基体として円筒状のものが使用されるが、その材質は導電性材料または表面を導電処理した材料が通常使用される。例えばA1、C

r、Mo、Au、In、Nb、Ni、Te、V、Ti、Pt、Pb、Fe等の金属の他、これらの合金が使用できる。また、表面を導電処理した材料としてはアルミニナセラミックス、窒化アルミニウム、窒化ほう素、窒化ケイ素、炭化ケイ素、酸化ケイ素、酸化ベリリウム、石英ガラス、パイレックスガラスなどの他、ポリカーボネイト、ポリアミド、ポリイミド、テフロン等の合成樹脂が使用できる。表面を導電処理した材料を基体として使用する場合、堆積膜を形成する側と反対側も導電処理することが望ましい。

【0027】本発明において使用される原料ガスは、例えばアモルファスシリコンを形成する場合にはSiH₄、Si₂H₆等のガス状態の、またはガス化し得る水素化珪素（シラン類）が、Si供給用ガスとして有効に使用される。また、水素化珪素のほかにも、弗素原子を含む珪素化合物、いわゆる弗素原子で置換されたシラン誘導体、具体的には、たとえばSiF₄、Si₂F₆等のフッ化珪素や、SiH₃F、SiH₂F₂、SiHF₃等の弗素置換水素化珪素等、ガス状の、またはガス化し得る物質も本発明のSi供給用ガスとしては有効である。また、これらのSi供給用の原料ガスを必要に応じてH₂、He、Ar、Ne等のガスにより希釈して使用しても本発明には何等差し支えない。

【0028】さらには前記のガスに加えて、必要に応じて周期律表3族に属する原子、または周期律表5族に属する原子を、いわゆるドーパントとして用いることもできる。例えばホウ素原子（B）を用いる場合には、B₂H₆、B₄H₁₀等の水素化硼素、BF₃、BC₁₃等のハロゲン化硼素等が挙げられる。またリン原子を用いる場合には、PH₃、P₂H₄等の水素化磷が使用できる。また、例えばアモルファスシリコンカーバイト（a-SiC）を形成する場合には、前記の原料ガスのほかに、炭素原子導入用のガスとして、CとHとを構成原子とする、例えば炭素数1～5の飽和炭化水素、炭素数2～4のエチレン系炭化水素、炭素数2～3のアセチレン系炭化水素等を使用できる。具体的には、飽和炭化水素としては、メタン（CH₄）、エタン（C₂H₆）等、エチレン系炭化水素としては、エチレン（C₂H₄）、プロピレン（C₃H₆）等、アセチレン系炭化水素としては、アセチレン（C₂H₂）、メチルアセチレン（C₃H₄）等が挙げられる。

【0029】また、例えばアモルファス酸化シリコン（a-SiO）を形成する場合には、前記の原料ガスのほかに、酸素原子導入用のガスとして使用出来るものとして、酸素（O₂）、オゾン（O₃）、一酸化窒素（NO）、二酸化窒素（NO₂）、一酸化二窒素（N₂O）、三酸化二窒素（N₂O₃）、四酸化二窒素（N₂O₄）、五酸化二窒素（N₂O₅）、三酸化窒素（NO₃）、シリコン原子（Si）と酸素原子（O）と水素原子（H）とを構成原子とする例えば、ジシロキサン（H₃SiOSi）

H₃)、トリシロキサン(H₃SiOSiH₂O₂SiH₃)等の低級シロキサン等を挙げることができる。本発明において、例えばアモルファス窒化シリコン(a-SiN)を形成する場合には、前記の原料ガスのほかに、窒素原子導入用のガスとして使用出来るものとして、窒素(N₂)、アンモニア(NH₃)、ヒドラジン(H₂NNH₂)、アジ化水素(HN₃)等のガス状のまたはガス化し得る窒素、窒素物及びアジ化物等の窒素化合物を挙げることができる。この他に、窒素原子の供給に加えて、ハロゲン原子の供給も行えるという点から、三弗化窒素(F₃N)、四弗化窒素(F₄N₂)等のハロゲン化窒素化合物を挙げができる。反応容器内のガス圧も同様に目的とする堆積膜の特性により適宜最適範囲が選択されるが、通常の場合、好ましくは0.01~1000Pa、好ましくは0.03~300Pa、最適には0.1~100Paとするのが好ましい。

【0030】

【実施例】以下に、本発明の実験例および実施例を説明するが、本発明はこれらによって何ら限定されるものではない。

【0031】<実験例1>図1に示した感光体形成装置に図2に示した本発明の高周波電力導入手手段を設置し、シングルプローブ(ラングミュアプローブ)を用いて電子温度の測定によってプラズマの偏りを調べた。本実験例では高周波電力導入手手段の長さを420mmとし、表1の条件でプラズマ放電が均一になる様に高周波電力導入手手段の静電容量を調節した。シングルプローブは、真空中で移動可能な機構とし、高周波電力導入手手段の母線方向へ20mm毎に電子温度を計測した。

【0032】

【表1】

原料ガス流量 SiH ₄ (sccm)	250
基板温度(℃)	250
内圧(Pa)	2
高周波電力(W)	500
高周波周波数(MHz)	105

こうして測定した電子温度の分布を図6に示した。図6において電子温度の値は一連の測定で最も大きかった値を1として企画化して示した。図6の結果から、本発明の感光体形成装置では、高周波電力導入手手段の先端の静電容量を調節することで電子温度の落ち込み(以下谷と表記)のない、均一な分布が得られた。

【0033】《比較実験例1》図7に示した両端に静電容量調節手段を設置しない(一端が整合器に接続されているのみ)高周波電力導入手手段を設置した、従来の感光体形成装置を用いて、表1の条件で実験例1と同様にして電子温度の分布を測定した。こうして測定した結果

を図8に示した。図8において電子温度の値は一連の測定で最も大きい値を1として規格化して示した。図8の結果から電子温度の谷が観測され、放電ムラが発生していることがわかる。

【0034】<実験例2>図1に示した感光体形成装置に図2に示した本発明の高周波電力導入手手段を設置し、表2の条件でプラズマ放電が均一になる様に高周波電力導入手手段の静電容量を調節し、実験例1と同様にして電子温度の分布を測定した

【0035】

【表2】

原料ガス流量 SiH ₄ (sccm) B ₂ H ₆ (ppm) (SiH ₄ に対して) NO(sccm)	150 1000 8
基板温度(℃)	250
内圧(Pa)	1.5
高周波電力(W)	500
高周波周波数(MHz)	105

こうして測定した結果を図9に示す。図9において電子温度の値は実験例1の場合と同様一連の測定で最も大きい値を1として規格化して示した。図9の結果から明らかな様に本発明の感光体形成装置ではムラのない均一な放電が得られた。

【0036】《比較実験例2》比較実験例1で用いたものと全く同一の装置を用いて、表2の条件で実験例1と同様にして電子温度の分布を測定した。その結果を図10に示した。図10から明らかな様に従来の感光体形成装置では電子温度の谷が観測された。以上実験例および比較実験例の結果から、本発明の感光体形成装置では高周波電力導入手手段の両端に静電容量調節手段を接続し、放電条件が変化しても静電容量を調節することで放電ムラを抑制できることがわかった。一方従来の感光体形成装置では放電ムラが発生した。さらに比較実験例1および比較実験例2の比較により放電条件の違いにより放電ムラの形や大きさが変化していることがわかる。このことは従来の感光体形成装置では、ある特定の条件で放電ムラが発生しない場合でも、放電条件を変化させることで放電ムラが発生することを示している。

【0037】<実験例3>図1に示した感光体形成装置に図2に示した本発明の高周波電力導入手手段を設置し、表3の条件でプラズマ放電を発生させた。本実験例では、高周波電源の周波数を13.56MHzから600MHzの範囲で変化させた。またそれぞれの条件で、プラズマ放電が均一になる様に高周波電力導入手手段の静電容量を調節し、実験例1と同様にして電子温度の分布を測定した。

【0038】

【表3】

原料ガス流量 SiH ₄ (sccm)	500
基板温度 (°C)	300
内圧 (Pa)	4
高周波電力 (W)	1000
高周波周波数(MHz)	変化

周波数(MHz)		13.56	20	50	105	250	450	500	600
電子温度ムラ	実験例3	0.92	0.91	0.91	0.93	0.89	0.89	0.94	0.93
	比較実験例3	0.86	0.83	0.69	0.46	0.38	0.19	0.23	0.21

表4中の電子温度ムラは一連の測定の中で最も電子温度が高かった値に対する最も電子温度が低かった値の割合で示している。表3から明らかな様に、本発明の感光体形成装置ではいずれの周波数でも良好なムラの結果が得られた。一方で従来の感光体形成装置では周波数が高くなるに従ってムラが大きくなる傾向があり、特に50MHzをこえるとムラが極端にあらわれた。一方で上記表3の条件においては周波数13.56MHzでは実験例3、比較実験例3の装置とも放電を発生させることが困難であった。また周波数500MHzおよび600MHzにおいては実験例3、比較実験例3の装置とも放電が切れやすく、長時間放電を維持することが困難であった。したがって、本発明の効果はいずれの周波数でも効果が得られるが、放電の安定性から20MHzから45

MHzの範囲が好適であり、中でも50MHzから450MHzの範囲が本発明の効果が最も顕著にあらわれ、最適である。

【0039】

【表4】

0MHzの範囲が好適であり、中でも50MHzから450MHzの範囲が本発明の効果が最も顕著にあらわれ、最適である。

【0040】 【実施例1】 図1に示した本発明の感光体形成装置に図2に示した高周波電力導入手段を設置し、表5の条件で図11に示したような導電性基材1002上に電荷注入阻止層1003、光導電層1004、表面層1005を順次形成した構成の感光体を形成した。このときあらかじめ実験例1と同様な方法で各層の放電条件でプラズマが均一になる電極先端の静電容量の条件を設定しておき、各層形成時にその容量になる様に静電容量調節手段を調整した。

【0041】

【表5】

層構成	電荷注入阻止層	光導電層	表面層
原料ガス流量 SiH ₄ (sccm)	150	250	20
B ₂ H ₆ (ppm) (対SiH ₄)	1000		
CH ₄ (sccm)			200
NO (sccm)	8		
基板温度 (°C)	250	250	210
内圧 (Pa)	1.5	2	2
高周波電力 (W)	500	500	150
層厚 (μm)	3	25	0.5

なお上記表5中の「層厚」は各層設計上の目安である。また上記表3中の光導電層の形成条件は前記実験例1の放電条件と、阻止層の形成条件は前記比較実験例2の放電条件とそれぞれ静電容量調節手段の条件を含めて同一である。こうして同時に形成した8本の感光体について以下のような方法で画像濃度ムラと画像の「ガサツキ」について評価した。

○画像濃度ムラ

各々の感光体を電子写真装置（キヤノン社製NP6750を本テスト用に改造したもの）にセットして、キヤノン製中間調チャート（部品番号：FY9-9042）を原稿台に置きコピーしたときに得られたコピー画像上の任意の50点の画像濃度を反射濃度計で測定し、各々の感光体について最も画像濃度が濃い部分の反射濃度に対する最も画像濃度が薄い部分の反射濃度の割合を算出し、さらに同時に作成される感光体8本全てについて上

記の測定を行ない最終的にそれらの割合を平均した値を画像濃度ムラとして比較した。

○「ガサツキ」

各々の感光体を電子写真装置（キヤノン社製NP6750を本テスト用に改造したもの）にセットして、キヤノン製中間調チャート（部品番号：FY9-9042）を原稿台に置きコピーしたときに得られたコピー画像を目視で観察し、同時に得られた8本の感光体についてその中の最も悪いものを「ガサツキ」とした。「ガサツキ」について以下の様に評価した。

◎・・・きわめて良好

○・・・良好

△・・・実用上問題無し

×・・・実用不可

（比較例1）比較実験例1で用いた従来の感光体形成装置を用いて実施例1と全く同様にして感光体を形成した。すなわち本比較例はプラズマ放電のムラをに対して電極両端の静電容量を最適に調整していない従来の感光体形成装置による感光体作成と等価である。こうして形成した8本の感光体について実施例1と同様に画像濃度ムラについて評価した。以上実施例1および比較例1の結果を表6に示す。

【0042】

層構成	電荷注入阻止層	光導電層	表面層
原料ガス流量 SiH ₄ (sccm) H ₂ (sccm) B ₂ H ₆ (ppm) (対 SiH ₄) CH ₄ (sccm)	300 300 0.1 600	300 250 250 2000 15	80 250 250 600 0.5
基板温度 (°C)	250	250	250
内圧 (Pa)	1	1	1
高周波電力(W) (105MHz)	2000	2000	600
層厚 (μm)	2		

なお上記表7中の「層厚」は感光体設計上のおおよその目安である。こうして作成した8本の感光体を実施例1と同様にして画像濃度ムラと「ガサツキ」について評価した。

【0045】[実施例3] 図4に示した堆積膜形成装置を用いて、図11に示した層構成の感光体を、表8の条

【表6】

	実施例1	比較例1
画像濃度ムラ	1.0	0.78
「ガサツキ」	○	△

上記表6において画像濃度ムラの数値は実験例1の時の値を1として相対比較している。表6の結果から明らかな様に本発明の感光体形成装置を用いた実施例1では良好な結果が得られた。これに対し比較例1では光導電層形成中のプラズマ放電のムラによって画像濃度ムラがあらわれた。また画像濃度ムラの部分に「ガサツキ」も発生した。

【0043】[実施例2] 図1に示した本発明の感光体形成装置に図3に示した高周波電力導入手段を設置し、図11に示した層構成の感光体を、表7の条件で作成した。このときあらかじめ実験例1と同様な方法で各層の放電条件でプラズマが均一になる電極先端の静電容量の条件を設定しておき、各層形成時にその容量になる様に静電容量調節手段を調整した。

【0044】

【表7】

件で作成した。このときあらかじめ実験例1と同様な方法で各層の放電条件でプラズマが均一になる電極両端の静電容量の条件を設定しておき、各層形成時にその容量になる様に静電容量調節手段を調整した。

【0046】

【表8】

層構成	電荷注入阻止層	光導電層	表面層
原料ガス流量			
S i H ₄ (sccm)	300	300	300
H ₂ (sccm)			
B ₂ H ₆ (ppm) (対S i H ₄)	1000	3	
C H ₄ (sccm)			1000
NO (sccm)	15		
基板温度(℃)	230	230	250
内圧(Pa)	3	3	2
高周波電力(W) (105MHz)	3000	5000	1800
層厚(μm)	2	20	0.5

なお上記表8中の「層厚」は感光体設計上のおおよその目安である。こうして作成した8本の感光体を画像濃度ムラと「ガサツキ」について評価した。以上実施例2および実施例3の結果を表9に示す。

【0047】

【表9】

	実施例2	実施例3
画像濃度ムラ	0.97	1.04
「ガサツキ」	○	○

上記表9において画像濃度ムラの値は実施例1における画像濃度ムラの値を1として相対比較している。表9から明らかな様に本発明の感光体形成装置では良好な結果

が得られた。

【0048】【実施例4】図1に示した感光体形成装置に図2に示した本発明の高周波電力導入手段を設置し、図11に示した層構成の感光体を表10の条件で作成した。本実施例では高周波電力導入手段の電極の表面をプラスチックにて2.5mmを基準長さとするRzで25~35μmの範囲であらわした。また、あらかじめ実験例1と同様な方法で各層の放電条件でプラズマが均一になる電極先端の静電容量の条件を設定しておき、各層形成時にその容量になる様に静電容量調節手段を調整した。なお光導電層形成中の電極表面の温度を計測したところ、約430℃であった。

【0049】

【表10】

層構成	電荷注入阻止層	光導電層	表面層
原料ガス流量			
S i H ₄ (sccm)	300	300	300
H ₂ (sccm)			
B ₂ H ₆ (ppm) (対S i H ₄)	1000	3	
C H ₄ (sccm)			1000
基板温度(℃)	350	350	350
内圧(Pa)	3	3	2
高周波電力(W) (105MHz)	3000	5000	1800
層厚(μm)	2	20	0.5

なお上記表10中の「層厚」は感光体設計上のおおよその目安である。こうして作成した感光体を画像濃度ムラ、「ガサツキ」、高周波電力導入手段の表面からの堆積膜のはがれについて評価した。はがれについては以下の様にして評価した。

○はがれ

各条件で感光体を形成した後、高周波電力導入手段のは

がれを目視にて評価した。また得られた感光体を電子写真装置（キヤノン社製NP6750を本テスト用に改造したもの）にセットして、画像露光用のハロゲンランプを点灯せずに全面黒色画像（以下ベタ黒画像と表記）をコピーした。こうして得られたベタ黒画像上に現れた白点（以下白ポチと表記）を調べた。はがれについて以下の様に評価した。

- ◎・・・はがれは認められない（極めて良好）
- ・・・はがれは認められるが感光体上には全く影響が無くベタ黒画像上も白ポチの増加は認められない（良好）
- △・・・はがれが認められ、ベタ黒画像上に白ポチの増加が認められるが実用上問題無し（実用可）
- ×・・・はがれが認められ、ベタ黒画像上でも白ポチの増加が顕著で有り実用上支障がある（実用不可）

【実施例5】図2に示した本発明の高周波電力導入手手段の電極をアルミナセラミックスのカバーで覆った以外は実施例4と同様にして図11に示した層構成の感光体を作成した。ただしアルミナセラミックスのカバーの影響でムラに対する電極先端の静電容量の値が変化したため、それぞれの層形成で最適な値に再調整した。またアルミナセラミックスのカバーはその表面をプラスチによって2.5mmを基準長さとするRzで25~35μmの範囲であらわしたもの用いた。こうして作成した感光体を実施例4と同様にして画像濃度ムラ、「ガサツキ」、はがれについて評価した。

【0050】【実施例6】実施例5で用いたアルミナセラミックスでカバーした本発明の高周波電力導入手手段に冷却機構を設けた以外は、実施例5と同様にして図11に示した層構成の感光体を作成した。ムラに対する静電容量の値はそれぞれの層作成条件で実施例5の場合と変化しなかった。なお高周波電力導入手手段の温度は光導電層形成中、電極の表面で約200°Cになる様に冷却した。こうして作成した感光体を実施例4と同様にして画像濃度ムラ、はがれについて評価した。以上実施例4から6の結果をまとめて表11に示す。

【0051】

30

層構成	電荷注入阻止層	光導電層	表面層
原料ガス流量			
SiH4(sccm)	350	500	100
H2 (sccm)			
B2H6 (ppm) (対SiH4)	1000	3	1000
CH4 (sccm)			
基板温度 (°C)			
内圧 (Pa)	280	280	280
高周波電力 (W) (105MHz)	0.5	0.5	0.5
高周波電力 (W) (105MHz)	1800	3000	600
層厚 (μm)	2	30	0.5

上記表12中の層厚は感光体設計上のおおよその目安である。実施例7において作成した感光体を実施例1と同様の画像濃度ムラについて評価した結果良好な結果が得られた。

【0054】

【発明の効果】本発明は、以上のように高周波電力導入

【表11】

	実施例4	実施例5	実施例6
画像濃度ムラ	1.05	0.96	0.98
「ガサツキ」	○	○	○
はがれ	○	○	○

表11から明らかな様に、本発明の感光体形成装置ではいずれも良好な結果が得られた。また実施例4と実施例5のはがれは評価上は同じ○であったが、はがれの程度は実施例5の方が良好であった。

【0052】【実施例7】図12に示した、複数の高周波電力導入手手段をもつ本発明の感光体形成装置を用いて図11に示した層構成の感光体を表12の条件で作成した。図12において高周波電力導入手手段102は円筒状の導電性基体101の配置円の中心に1つ、配置円の外側の同心円上に4つ配置され、それぞれ整合器106を介して高周波電源に接続されている。また各々の高周波電力導入手手段の整合器に接続されたのと反対側の端部は静電容量調節手段が接続されている。なお感光体形成中、静電容量調節手段の容量は、あらかじめ実験例1と同様な方法で各層の放電条件でプラズマが均一になる電極先端の静電容量の条件を設定しておき、各層形成時にその容量になる様に静電容量調節手段を調整した。また、導電性基体101の配置円の外側に設置された4つの高周波電力導入手手段に接続された静電容量調節手段の容量はそれぞれ同じ値になる様に調整した。

【0053】

【表12】

手段の両端部における静電容量を調節乃至は変化させる構成によって、高周波電力の放射を均一化し、プラズマの局在化を防止することが可能となり、画像濃度ムラの発生をおさえ、きわめて高品質な感光体を生産効率よく、安価に形成することができる。とりわけ、ハーフトーンの均一性と高精細性に優れた電子写真用感光体の形

成装置および形成方法を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の堆積膜形成装置の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の堆積膜形成装置の高周波電力導入手手段の一例を示す模式図である。

【図3】本発明の堆積膜形成装置の高周波電力導入手手段の一例を示す模式図である。

【図4】本発明の堆積膜形成装置の一例を示す模式図である。

【図5】本発明の堆積膜形成装置の高周波電力導入手手段の一例を示す模式図である。

【図6】実験例1における電子温度の分布を示すグラフである。

【図7】従来の堆積膜形成装置の高周波電力導入手手段の一例を示す模式図である。

【図8】比較実験例1における電子温度の分布を示すグラフである。

【図9】実験例2における電子温度の分布を示すグラフである。

【図10】比較実験例2における電子温度の分布を示すグラフである。

【図11】各実施例等において作成した感光体の層構成の一例を示す断面模式図である。

【図12】本発明の堆積膜形成装置の一例を示す模式図である。

【符号の説明】

100：反応容器

101：基体

102：高周波電力導入手手段

103：グロー放電領域

104：基体加熱用ヒーター

105：原料ガス導入手手段

106：整合器

107：電源

108：回転軸

109：モーター

110：ギア

111：静電容量調節手段

113：導入端子

114：電極

115：真空バリコン

116：駆動用モーター

117：シールドカバー

120：セラミックス材料のカバー

121：冷媒供給管

122：冷媒排出管

1001：感光体

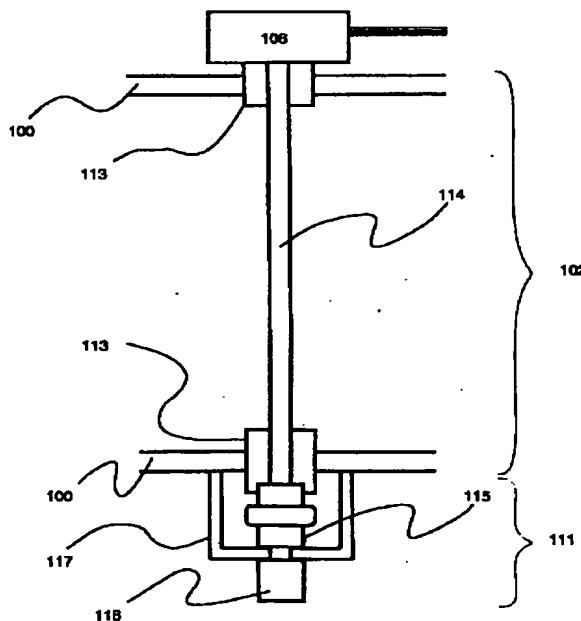
1002：基体

1003：電荷注入阻止層

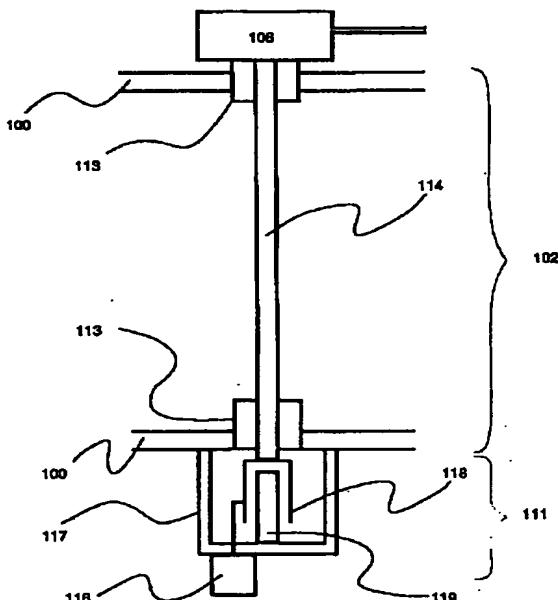
1004：光導電層

1005：表面層

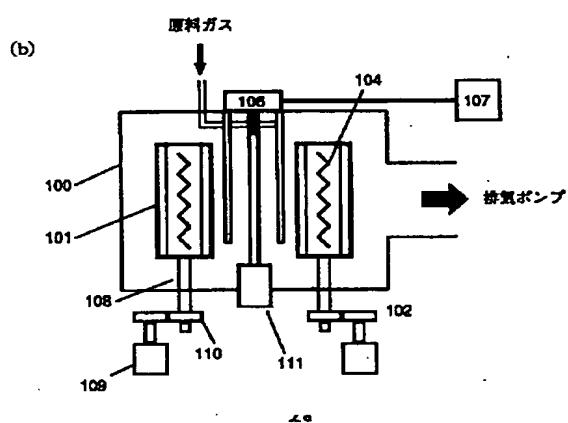
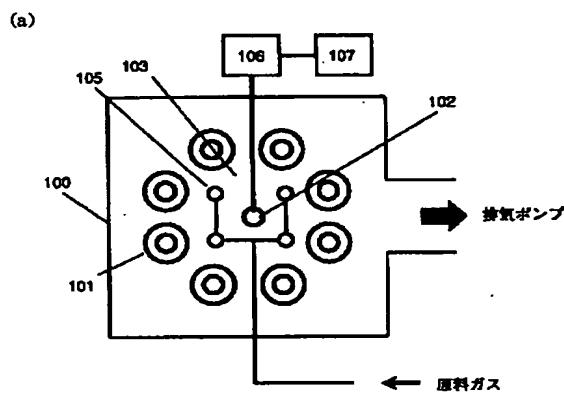
【図2】



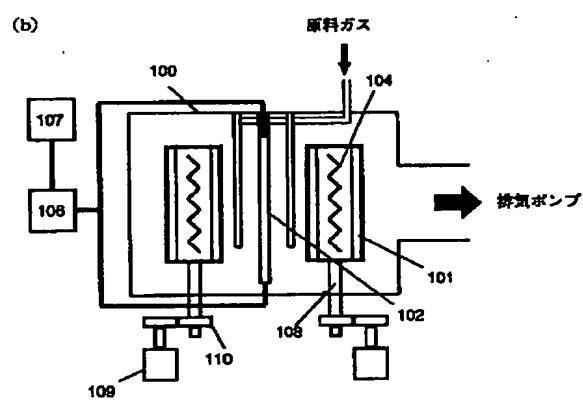
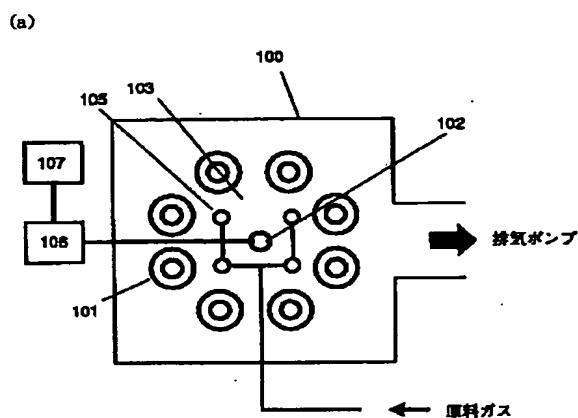
【図3】



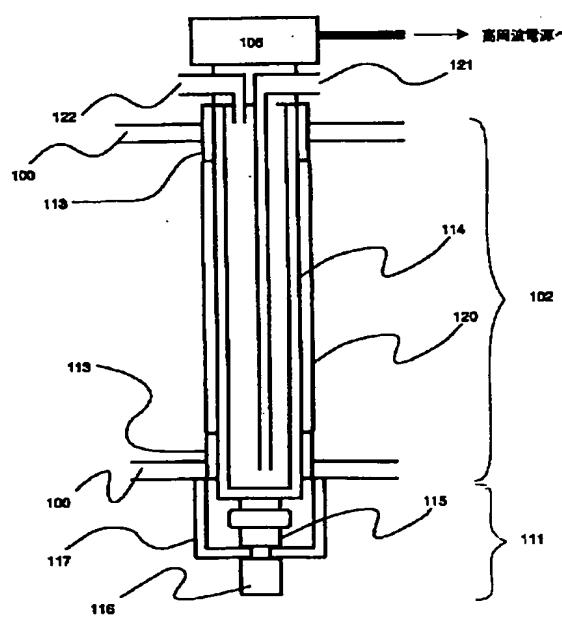
【図1】



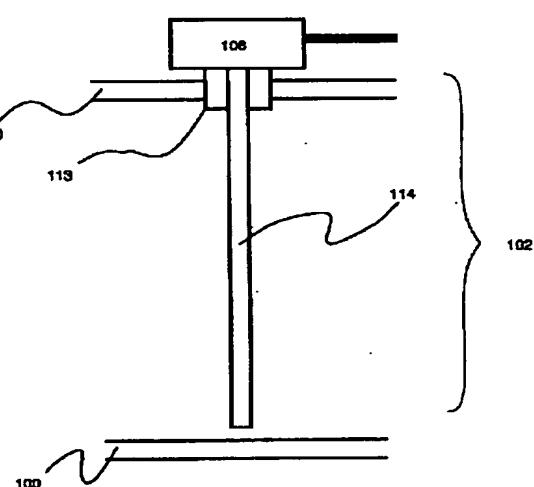
【図4】



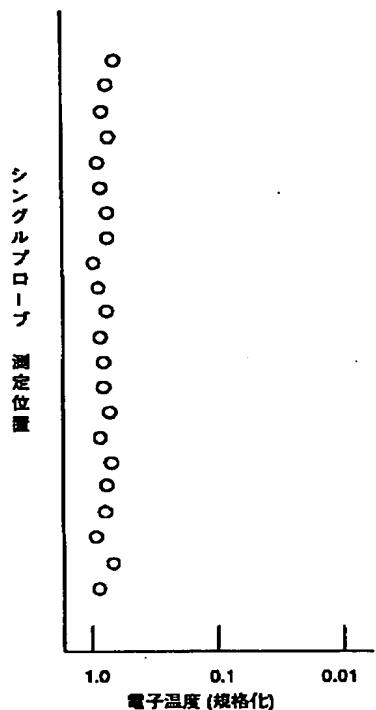
【図5】



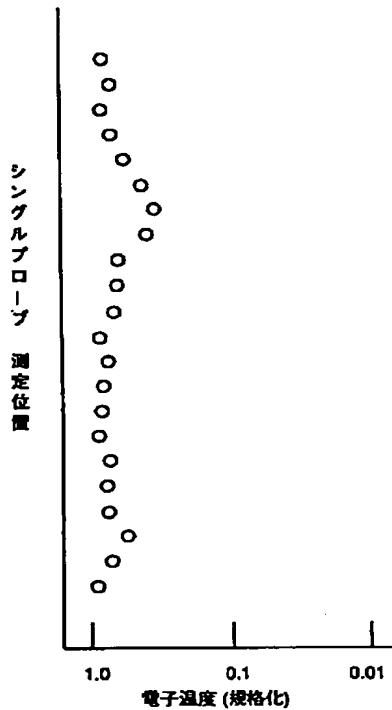
【図7】



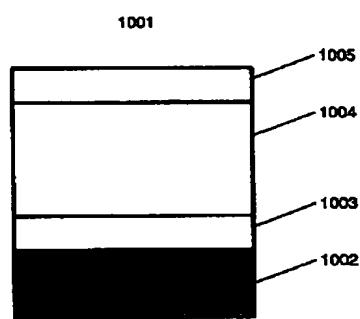
【図6】



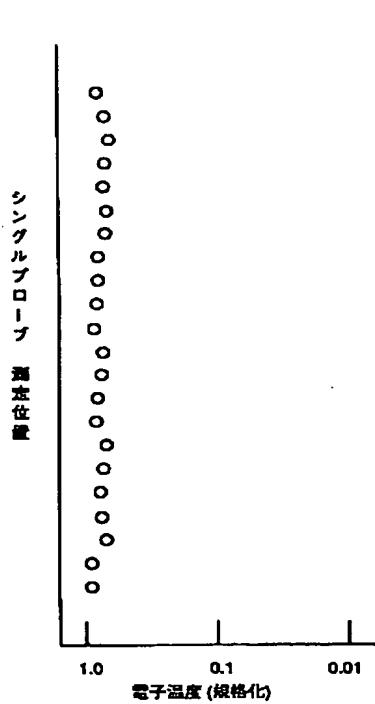
【図8】



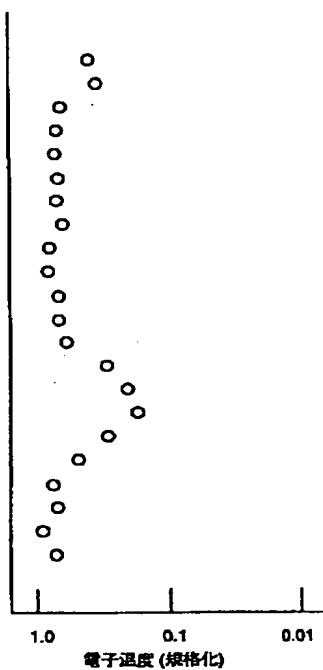
【図11】



【図9】



【図10】



【図12】

